

ÁGUAS PLUVIAIS: POTÁVEIS E NÃO POTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Junior Gama Fernandes¹

Graduando de Bacharelado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário do Norte-UNINORTE/ Laureate International Universities (2018).

Profº Edson Andrade Ferreira
Orientador, MSc

RESUMO

Esta monografia é construída através de pesquisas bibliográficas, artigos publicados na Web, fontes de monografias e de livros publicados por autores da área. O título se refere às Águas Pluviais: potáveis ou não potáveis na construção civil. Mais de 180 milhões de pessoas não possuem água potável no mundo segundo dados da UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância. Então nesta pesquisa de conclusão de curso, mostraremos que a construção civil necessita de águas não potáveis para suas edificações e também precisa se destacar em tecnologias trazendo ao consumidor final, recursos para que os mesmos obtenham os processos de preservação do meio ambiente, e pela pesquisa feita nota-se que em alguns países a falta de águas potáveis, trazendo uma construção mais avançada, com isso será explanada sobre águas potáveis e não potáveis. No Brasil, utilizam-se ambos: águas superficiais (rios) e águas subterrâneas para o abastecimento público. Infelizmente, a maior parte dos recursos de água doce do planeta encontrados em lagos, rios ou águas subterrâneas, sofreram algum tipo de contaminação, quer natural ou causada pela ação do homem, e esta água não pode ser consumida sem tratamento. A indústria da construção civil tem que acompanhar o contínuo crescimento populacional do mundo como também todo o desenvolvimento social e econômico (HORVATH, 2004). Como consequência disso, a construção civil utiliza mais da metade dos recursos naturais extraídos do planeta na produção e manutenção do ambiente construído (CBCS, 2014). De maneira geral a água não é vista nem tratada como

material de construção, mesmo sendo de conhecimento de todos que o consumo de tal recurso durante a execução de obras é altíssimo (NETO, 2015).

Palavras – Chaves: Construção; águas potáveis e não potáveis.

ABSTRACT

This monograph is constructed through bibliographical research, articles published on the Web, sources of monographs and books published by authors of the area. The title refers to Águas Pluviais: drinking or non-potable in civil construction. More than 180 million people do not have clean water in the world, according to UNAIDS - the United Nations Children's Fund. So in this course completion research, we will show that civil construction requires non-potable water for its buildings and also needs to be highlighted in technologies that bring to the final consumer resources for them to obtain the processes of preservation of the environment and for research it is noted that in some countries the lack of drinking water, bringing a more advanced construction, this will be explained on drinking and non-drinking water. In Brazil, both surface waters (rivers) and groundwater are used for public supply. Unfortunately, most of the planet's freshwater resources found in lakes, rivers or groundwater have suffered some form of contamination, whether natural or man-made, and this water can not be consumed without treatment. The construction industry has to follow the continuous population growth of the world as well as all social and economic development (HORVATH, 2004). As a consequence, civil construction uses more than half of the natural resources extracted from the planet in the production and maintenance of the built environment (CBCS, 2014). In general, water is not seen or treated as construction material, even though everyone knows that the consumption of such resources during the execution of works is very high (NETO, 2015).

Key - words: Construction; drinking water.

INTRODUÇÃO

A construção civil se tratando na questão do meio ambiente, segundo Horvath, (2004), no Brasil, a dificuldade de preservá-lo pode ser ainda agravada pelos grandes desafios que a indústria da construção civil deve enfrentar em termos de déficit habitacional e infraestrutura para transporte, comunicação, abastecimento de água, energia, saneamento, atividades comerciais e industriais. A indústria da construção civil tem que acompanhar o contínuo crescimento populacional do mundo como também todo o desenvolvimento social e econômico.

Nos dias de hoje, a discussão sobre a matéria da construção sustentável está cada vez mais em pauta entre os consumidores, acadêmicos e profissionais do ramo da construção civil. Mesmo diante da pior crise hídrica dos últimos 84 anos, que tem afetado uma grande parcela da população brasileira, o enfoque dessa questão, quando se trata de água, ainda se dá em maior parte a respeito de soluções sustentáveis que são aplicáveis na fase de operação do empreendimento.

Para Neto, (2015) de maneira geral a água não é vista nem tratada como material de construção, mesmo sendo de conhecimento de todos que o consumo de tal recurso durante a execução de obras é altíssimo.

Fato esse atual enfoque da aplicação de soluções sustentáveis, que exclui as fases anteriores à operação, o presente projeto trata-se do monitoramento de recursos feito durante a execução da obra, mais precisamente da água, ou seja, sobre soluções que podem ser aplicadas ao canteiro de obras e que em conjunto formam uma eficiente ferramenta de acompanhamento dos consumos humano e operacional.

Visto resultado disso, a construção civil utiliza mais da metade dos recursos naturais extraídos do planeta na produção e manutenção do ambiente construído (CBCS, 2014).

O cenário atual tem levado a uma gradual mudança de paradigma: o modelo baseado na gestão da oferta da água tem sido substituído pelo modelo da gestão da demanda, mais coerente com as ideias de desenvolvimento sustentável - que prega, uma utilização de recursos mais consciente e que não prejudique as gerações futuras.

Em outras palavras, será feito um estudo sobre gestão da demanda de água não potável e potável em obras na construção civil.

1. ÁGUAS PLUVIAIS

As duas principais vantagens do aproveitamento da água da chuva são: A redução do consumo de água potável e do custo de fornecimento da mesma e a melhor distribuição da carga de água da chuva no sistema de drenagem urbana, o que ajuda a controlar as cheias.

Segundo Plínio Tomaz (2003), países industrializados, como o Japão e a Alemanha estão seriamente empenhados no aproveitamento da água da chuva. Outros países, como os EUA, Austrália e Singapura também estão a desenvolver pesquisas na área do aproveitamento da água da chuva. Têm sido desenvolvidos sistemas novos que permitem a captação de água com boa qualidade e de forma simples e económica.

A Agência de Proteção do Ambiente (EPA) aponta, nos Estados Unidos, a existência de mais de 200 mil reservatórios para o aproveitamento de água da chuva. O volume dos reservatórios na Jordânia varia entre os 35 mil litros e 200 mil litros. Em Jerusalém, existe um reservatório com 2,7 milhões de litros.

O recolhimento de água da chuva não é apenas uma medida de conservação de água, é também uma medida de conservação de energia, pois a energia requerida para operar um sistema de água centralizado é reduzida. Além disso, diminui a erosão local e as inundações provocadas pelo escoamento superficial resultado de impermeabilizações, tais como telhados de habitações e pavimentos. Deste modo, o escoamento superficial, que regra geral concentra poluentes e degrada canais, transforma-se em água recolhida para satisfazer alguns consumos. A água da chuva, na sua origem, é uma fonte de água pura.

Para Harald Schistek (2001) construir reservatórios de armazenamento de água da chuva é uma tradição antiga em regiões áridas ou semiáridas do Velho Mundo, como no Médio Oriente e na Ásia, onde a captação de água de chuva para o abastecimento humano faz parte do acervo cultural dos povos há milhares de anos.

Além disso, não é necessário tratar a sua dureza, requisito caro frequentemente necessário na água captada em poços. As desvantagens deste sistema são: o custo de instalação do SAAP e a diminuição do volume de água recolhida em períodos de

seca. Além disso, é necessário fazer uma manutenção regular do sistema, caso contrário podem surgir riscos sanitários. O aproveitamento desta fonte de água terá particular interesse quando não há ligação à rede pública, ou seja, em habitações isoladas ou indústrias.

A sua qualidade excede a qualidade da água subterrânea e superficial, pois não está em contato nem com o solo, nem com rochas, evitando a dissolução de sais e de minerais. Além disso, a qualidade não é afetada por descargas de poluentes em águas superficiais, como por exemplo, em rios. A sua pureza poderá torná-la uma fonte atrativa de água para certas indústrias, nas quais a utilização de água pura é um requisito, como, por exemplo, na indústria de microchips para computadores e de processamento de fotografias. Tem a vantagem de ser uma fonte de água macia, quando comparada com a água da rede, conduzindo à diminuição significativa da quantidade de detergentes necessária para limpeza.

No Brasil existe um projeto de lei datado de 01/07/2005 que impõe a obrigatoriedade do aproveitamento da água pluvial. Todas as novas construções em que a utilização será comercial, industrial, residencial ou público, localizadas em área urbana, com área construída igual ou superior a 1000 m² e/ou consumo de água destinada a fins não potáveis superior a 150 m³ /mês, deverão obrigatoriamente aproveitar a água pluvial em quantidade compatível com os consumos.

Para Soares e Gonçalves [2001], referem que é necessário o governo atribuir uma política de incentivo para a implantação do sistema de reutilização das águas residuais cinzentas e aproveitamento de água da chuva.

1.1 Qualidade das Águas Pluviais

Segundo Coombes (2002), mais de 3 milhões de australianos utilizam a água da chuva para beber. Tendo em conta que a média de pessoas por habitação é de 2.7, então mais de 1.11 milhões de habitações australianas utilizam água da chuva para fins potáveis. Embora o risco de contrair doenças a partir da água da chuva dos reservatórios seja pequeno, existem registos na Austrália onde originou doenças. De qualquer forma, para eliminar possíveis riscos de saúde provocados pela utilização da água da chuva, é preferível aproveitá-la para fins menos nobres.

Para o "*Texas Guide to Rainwater Harvesting*", (1997), a água da chuva é a água natural mais macia, com dureza zero para todos os fins práticos. Quase não apresenta minerais nem sais dissolvidos, e a sua qualidade é próxima da qualidade da água destilada. Segundo o "*Guidance on the use of rainwater tanks*", Austrália, (1998), a água da chuva no momento em que cai no telhado da casa é suave, limpa e isenta de microorganismos e contaminantes químicos. Porém, durante a recolha e armazenamento há um potencial para contaminação química, física e microbiológica.

Em muitas áreas urbanas industrializadas a atmosfera está poluída a um grau tal que a própria água da chuva é considerada imprópria para beber Thomas e Greene, (1993). Nos EUA, num raio de 48 km dos centros urbanos a água da chuva não é recomendada para beber, salvo se não existir outra fonte disponível Grove, (1993). Metais pesados, como o chumbo, causam potenciais riscos, sobretudo em áreas com densidade de tráfego elevada, ou na proximidade de indústrias de maquinaria pesada Yaziz et al., (1989); Thomas e Greene, (1993). Embora geralmente a contaminação atmosférica séria da água da chuva esteja limitada a áreas urbanas e industriais, existem estudos no nordeste dos EUA que revelam a presença de pesticidas e herbicidas em zonas rurais, proporcionando motivos de preocupação [Richards et al., 1987]. Compostos químicos orgânicos, tais como organoclorados e organofosfatados que compõem os pesticidas, também podem contaminar a água da chuva.

Apesar de existirem numerosas fontes de poluição atmosférica os níveis de contaminação da água da chuva são baixos, na maior parte do mundo, especialmente em locais rurais e ilhas. Conforme já referido, a principal fonte de contaminação ocorre após o contato da água com a superfície de recolha (telhado ou chão) e durante o transporte e armazenamento WALLER (1989).

Segundo Gould (1999), vários estudos têm demonstrado que devido à contaminação provocada pela superfície de recolha, a água da chuva armazenada, frequentemente não garante os padrões da OMS no que diz respeito aos critérios de qualidade microbiológica.

Diversos estudos examinaram os constituintes químicos da água da chuva armazenada e concluíram que geralmente cumprem, para uma vasta gama de parâmetros, os padrões de qualidade de água potável da OMS Waller (1987). Em poucos casos foram detectados níveis ligeiramente elevados de magnésio e de zinco, não representando qualquer risco sério para a saúde.

Para Wirojanagud et al., (1989), a causa principal de preocupação é os níveis de chumbo. Um estudo piloto de 25 abastecimentos de água da chuva domésticos, para água potável, em redor de Auckland, na Nova Zelândia, encontrou chumbo excedendo os padrões australianos de água potável em 12 % dos reservatórios examinados Simmons, Hope and Lewis (1997). Níveis de chumbo excedendo 3.5 vezes os dos padrões de água potável da OMS também foram observados em Selangor, Malásia Yaziz et al., (1989). O chumbo é um veneno cumulativo que pode ter vários efeitos adversos, que incluem sérios impactos no sistema nervoso central. A exposição a chumbo de fetos no útero e de crianças são as situações de maior preocupação NHMRC/ NRMCC, (2004).

Segundo Herrmann e Schmida (1999), o processo de limpeza mais eficiente para a água da chuva que escorre no telhado é a sedimentação natural no reservatório de armazenamento.

Segundo os autores, o método mais simples de tratamento é evitar a mistura turbulenta no interior do reservatório, de forma a prevenir que os sedimentos entrem na coluna de água. Em Portugal parece não existir qualquer investigação no domínio da caracterização da qualidade da água da chuva. Só com a obtenção de um conjunto representativo de amostras, em vários pontos do nosso país, e com os resultados de um programa de análises se poderá averiguar para que fins esta é adequada sem qualquer tipo de tratamento e quais as necessidades de tratamento para que possa ser aproveitada para consumo potável.

1.1.1 Água Potável para consumo Humano

A qualidade da água destinada ao consumo humano é regulada pelo Decreto de Lei nº 243/2001 de 5 de Setembro, que transpõe para o direito interno a Diretiva nº 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro. São medidos os parâmetros microbiológicos, químicos e indicadores para controlar a qualidade da água para consumo humano. Os parâmetros microbiológicos são parâmetros indicadores da presença de contaminação microbiológica. A presença destes indica que poderão estar presentes microrganismos causadores ou transmissores de doenças (patogénicos). São indicadores de eventuais perigos para a saúde pública e a sua

presença pode ser muito variável ao longo do tempo, dependendo de uma desinfecção eficaz e controlada. Os parâmetros microbiológicos a analisar são:

Escherichia Coli (E. Coli) e Enterococos.

Os parâmetros químicos incluem parâmetros relativos a substâncias indesejáveis e parâmetros relativos a substâncias tóxicas. Substâncias tóxicas são substâncias que podem induzir doenças se houver uma ingestão continuada de água com excesso das mesmas, como exemplo têm-se o Cádmi e o Chumbo. Os parâmetros químicos a analisar são: Acrilamida, Antimónio, Arsénio, Benzeno, Benzo (a) pireno, Boro, Bromatos, Cádmi, Crómio, Cobre, Cianetos, 1.2 dicloretano, Epicloridrina, Fluoretos, Chumbo, Mercúrio, Níquel, Nitratos, Nitritos, Pesticida individual, Pesticidas totais, Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), Selénio, Tetracloreteno e tricloroeteno, Tri-halometanos total (THM) e Cloreto de vinilo. A qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano é regulada pelo Decreto de Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto.

1.2 Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

A exemplo da empresa alemã 3P Technik (2005), o filtro VF1 utilizado nos seus sistemas de recolha e aproveitamento da água da chuva funciona do seguinte modo: a água da chuva que cai sobre o telhado é recolhida pela caleira, desce pelo tubo de queda passando no filtro VF1 onde ocorre separação de detritos de dimensões superiores a 0.26 mm, como por exemplo, folhas. Na Figura 1, observase o esquema de um filtro VF1.



Figura 1- Filtro VF1 de água da chuva

Fonte: 3P Technik (2005)

À medida que a água chega o seu nível vai subindo, e é distribuída equitativamente pelas ripas da cascata de filtragem. Os resíduos mais grosseiros, como por exemplo, folhas, passam por cima das ripas da cascata e são rejeitados. A água da chuva, abaixo das ripas da cascata, passa por uma tela com malha de 0.26 mm (filtragem secundária) e é conduzida para o reservatório. Os detritos são conduzidos para o sistema de drenagem pluvial.

Em geral, a superfície de recolha dos sistemas de aproveitamento da água da chuva domésticos é o telhado da habitação. A qualidade da água recolhida no telhado depende dos materiais utilizados na sua construção, dos materiais que nele se depositam e da sua manutenção.

Os telhados devem ser limpos e lavados uma ou duas vezes por ano, em particular no fim da estação seca. Árvores eventualmente pendentes sobre eles devem ser podadas de forma a reduzir a quantidade de folhas e impossibilitar o acesso de gatos, roedores ou pássaros, os quais conduzem ao aumento da deposição de detritos.

Em grandes centros urbanos e industriais os telhados podem estar sujeitos ao aumento de deposição de contaminantes, incluindo metais pesados e químicos derivados da grande densidade de tráfego, das indústrias, das incineradoras e das fundições Cunliffe, (1998). Em alguns casos a qualidade do ar na região pode obrigar a que a água recolhida no telhado seja apenas utilizada para fins não potáveis.

Segundo Coombes (2002), a probabilidade de quantidades significativas de fezes animais contaminarem a superfície de recolha é baixa. Assim, o risco de patogénicos responsáveis pelas principais doenças com origem na água (tais como cólera, febre tifóide, disenteria) é mínimo. Contudo, a água recolhida no telhado pode estar contaminada por fezes de pássaro e de pequenos animais, por pó e por folhas, particularmente em épocas secas.

A descarga de água de aplicações montadas no telhado, como por exemplo, de ar condicionado, de serviços de água quente e de painéis solares não deve ser drenada para a superfície de recolha da água da chuva.

Para *Guidance on the use of rainwater tanks*, Austrália, (1998), os telhados podem ser constituídos por uma variedade de materiais, tais como telha de cimento ou argila (terracotta), lâminas de liga zinco/alumínio e de aço galvanizado,

fibrocimento, lâminas de policarbonatos ou de fibra de vidro, e ardósia. Em telhados novos, independentemente do material utilizado, é aconselhável desviar a primeira chuvada significativa do reservatório. Deste modo é desviado o pó e outros detritos deixados no telhado resultantes da construção.

A recolha de água da chuva varia com o tamanho e a textura do telhado. Um telhado de material mais macio, liso e impermeável contribui para o aumento da qualidade e quantidade da água recolhida. Em coberturas de metal as perdas são desprezáveis, em coberturas de cimento a média das perdas é inferior a 10 % e em coberturas à base de betume e de cascalho o máximo são 15% de perdas. As perdas também podem ocorrer nos órgãos de condução (caleiras e tubos de queda) e no armazenamento *Texas Guide to Rainwater Harvesting*, (1997).

Independentemente do material do telhado muitos projetistas assumem perdas na precipitação anual até 25%. Estas perdas dependem de vários fatores: do material e textura do telhado (o qual reduz a velocidade do escoamento), da evaporação, e de ineficiências no processo de recolha *Texas Guide to Rainwater Harvesting*, (1997).

Telhados pintados com tintas que possuam chumbo, ou telhados que possuam acessórios em chumbo, podem contribuir para níveis demasiadamente elevados de contaminação da água armazenada SIMMONS et al., (2001).

A água da chuva que flui no telhado é recolhida nas caleiras e conduzida através dos tubos de queda ao reservatório de armazenamento. As caleiras recolhem não apenas a água, mas também os sedimentos, as fezes de pássaro e de outros animais, folhas e detritos. A acumulação destes materiais nos órgãos de condução pode proporcionar o crescimento bacteriano e contribuir para a contaminação da água armazenada Cunliffe, (1998). Pode também atrair pássaros e roedores, aumentando assim a contaminação fecal da superfície de recolha e diminuir o volume de água que pode ser recolhido Duncan e Wight, (1991). De forma a limitar a contaminação da água deverá realizar-se a inspeção regular e a limpeza dos órgãos de condução Cunliffe, 1998 e Gee, (1993).

Duncan e Wight [1991] descobriram que caleiras que não eram limpas há mais de 2 anos proporcionavam qualidade de água comparável com caleiras que eram limpas regularmente. Porém, como medida de segurança, estes autores recomendam inspeções regulares e limpeza anual das caleiras. Existem vários sistemas disponíveis que excluem as folhas e os sedimentos antes da entrada da água no reservatório de

armazenamento de água da chuva. Mobbs (1998) utilizou estes sistemas numa habitação num subúrbio de Sydney e relatou que a qualidade da água da chuva da maioria das amostras recolhidas no reservatório da água da chuva respeitava as Normas Australianas de Água Potável *Australian Drinking Water Guidelines*, (2004).

Após um longo período seco é boa prática fazer um “by-pass” da primeira chuvada ao reservatório. Admite-se que a primeira chuva lava a superfície do telhado, a qual pode conter grandes quantidades de pó acumulado, de dejetos de pássaro e de outros animais, de folhas e de outros detritos *Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália*, (1998).

No caso da água da chuva ser utilizada para consumo humano, a lavagem do telhado e a eliminação da primeira chuvada (first-flush) são de preocupação especial *Texas Guide to Rainwater Harvesting*, (1997).

Yaziz et al., (1989) sugerem que os primeiros 0.33 mm de chuva devem ser rejeitados do escoamento do telhado e Jenkins e Pearson (1978) recomendam que os primeiros 0.25 mm de chuva devem ser separados da chuva que escorre no telhado por forma a minimizar contaminação da água da chuva armazenada. Porém Yaziz et al., (1989) explicam que a qualidade da chuva que escorre no telhado varia em função da altura de precipitação, da sua intensidade e da duração dos períodos secos antecedentes. Coombes (2002), com base nos resultados das experiências de Figtree Place, na Austrália, sugere que pelo menos o primeiro 1 mm de chuva de um telhado deve ser separado e impedido de entrar no reservatório de água da chuva.

Segundo Tomaz (1998) na Flórida utilizam-se 0,40 litros por m² de superfície de telhado, ou seja, o volume do reservatório de autolimpeza deverá ter capacidade de 0.40 l/m². Dacach (1990) considera que o reservatório de autolimpeza deverá ter 0.80 a 1.5 l/m² de área de telhado. Existem alguns dispositivos de primeira lavagem disponíveis comercialmente e a sua instalação é vista como um meio para melhorar a qualidade da água que vai ser recolhida nos reservatórios.

1.2.1 Armazenamento de Águas Pluviais

Outro componente do sistema, além do telhado, é o reservatório de armazenamento da água da chuva. Enquanto que o telhado é um custo assumido na maior parte dos projetos, o reservatório representa o investimento mais significativo

no sistema de recolha de água da chuva. De forma a maximizar a eficiência do sistema, o seu plano de construção deverá refletir decisões acerca da sua melhor localização, da sua capacidade e da seleção do material.

Autores como Duncan e Wight (1991) e Gee (1993) relatam que a qualidade da água da chuva que escoar nos telhados melhora nos reservatórios. Segundo Coombes (2002), nas experiências de Figtree Place e de Maryville, na Austrália, também se verificou que a qualidade da água que fluiu no telhado melhorava nos reservatórios. Verificou-se ainda que num reservatório a qualidade da água variava da superfície para o ponto de provisão de água, perto do fundo. O reservatório foi concebido para que a qualidade no ponto de provisão fosse melhor que à superfície.

A localização dos reservatórios poderá ser acima ou abaixo do solo. As instalações acima do solo evitam custos associados com a escavação e com certas questões de manutenção; reservatórios abaixo do solo beneficiam de temperaturas mais frescas. De forma a maximizar a eficiência, os reservatórios devem localizar-se tão perto quanto possível de ambos os pontos, o de fornecimento e o de consumo. Se se pretender a utilização da água da chuva por gravidade, os reservatórios deverão localizar-se no ponto com maior cota possível. O reservatório poderá beneficiar se for localizado numa zona de sombra. A luz solar direta pode aquecer a água e estimular o crescimento de algas e o crescimento bacteriano, afetando a qualidade da água. Em Portugal não existem regulamentos específicos relativos a sistemas de aproveitamento de água da chuva. Nos Estados Unidos, no Estado do Texas, para assegurar a confiança da fonte de água, sugere-se que os reservatórios de armazenamento se situem pelo menos a 15 m da possível fonte de poluição, como por exemplo, de estábulos de animais, de latrinas, ou caso o reservatório se localize abaixo do terreno, de fossas sépticas *Texas Guide to Rainwater Harvesting*, (1997).

No caso do reservatório ser a única fonte de água da habitação, na escolha do local de implantação é aconselhável ter em consideração a possível necessidade de introdução de água por uma fonte auxiliar, como por exemplo, por um camião cisterna, no caso da fonte de água estar esgotada ou devido à sua utilização excessiva, ou a condições de seca. Assim, deve localizar-se num local acessível por um auto tanque, preferencialmente perto de uma estrada ou caminho, e posicionado de modo a evitar atravessamentos de linhas de água, de coletores de águas residuais e de relvados ou jardim.

Antes de comprar ou instalar um reservatório para armazenamento de água da chuva é importante verificar se existem regulamentos associados ao projeto ou à construção destes. A instituição de saúde local ou as autoridades regionais com jurisdição sobre aqueles regulamentos devem ser consultados. Em algumas áreas pode haver exigências associadas ao fornecimento de água para combate a incêndio *Guidance on the use of rainwater tanks*, Austrália, (1998).

Em países onde o aproveitamento da água da chuva é prática comum, de um modo geral, as autoridades da água não permitem a ligação direta entre sistemas de água da chuva e a água da rede pública ou, alternativamente, exigem que se utilizem dispositivos de proteção para impedir o contato entre os dois ambientes. Os reservatórios de água da chuva devem ser instalados de modo a minimizar o risco de contaminação por produtos industriais, pó, folhas, pólen, pesticidas, fertilizantes, detritos, pássaros ou por pequenos outros animais e insetos. Não é permitido que os reservatórios possuam locais onde haja possibilidade para se criarem mosquitos *Guidance on the use of rainwater tanks*, Austrália, (1998).

Os reservatórios enterrados requerem uma proteção adicional contra a entrada da água que escorre superficialmente ou no interior do solo, contra a matéria fecal de origem humana ou animal, e contra os solos que os circundam. Estes reservatórios devem ser corretamente selados e os seus pontos de acesso protegidos. A manutenção e a limpeza dos reservatórios subterrâneos podem ser mais difíceis.

Os reservatórios devem ser à prova de luz para minimizar o crescimento de algas. A maioria das algas não tornam a água insegura para consumo humano mas podem afetar o seu gosto, odor e aparência *Guidance on the use of rainwater tanks*, Austrália, (1998).

1.2.2 Manutenção e Limpeza dos Reservatórios

Os reservatórios devem ser examinados, no que diz respeito à acumulação de lamas, com uma frequência de 2-3 anos, ou sempre que os sedimentos sejam visíveis na água. A presença de lama no reservatório pode proporcionar um ambiente propício à sobrevivência e desenvolvimento de microrganismos. Além disso, em alguns casos, embora a qualidade da água da chuva armazenada obedeça às normas de água

potável, têm sido detectadas concentrações de chumbo relativamente elevadas na lama *Guidance on the use of rainwater tanks*, Austrália, (1998).

As tubagens de saída de água normalmente localizam-se perto do fundo dos reservatórios, e à medida que a lama se acumula a probabilidade do material ficar em suspensão e ser removido pela água da chuva aumenta. Têm sido detectadas concentrações de chumbo que excedem as concentrações permitidas pelas Normas Australianas de Água Potável em água que sai pela tubagem de saída contendo poucas partículas visíveis de lama em suspensão *Guidance on the use of rainwater tanks*, Austrália, (1998).

O reservatório desempenha no tratamento um papel importante. Segundo Duncan e Wight (1991) atua como um clarificador de água da chuva, permitindo que os contaminantes se depositem no fundo. Gee (1993) constatou que os sedimentos num reservatório de água da chuva podiam conter concentrações altas de metais pesados, embora as concentrações destes à superfície estivessem dentro dos valores impostos pelas Normas Australianas de Água Potável. Similarmente, durante a experiência de *Figtree Place* detectou-se que embora a água escoada no telhado contivesse excesso de coliformes, os valores das concentrações de ferro e chumbo eram consideravelmente menores à superfície, detectando-se concentrações altas nos sedimentos. No ponto de tomada de água, perto do fundo do reservatório, foram encontrados valores menores destes parâmetros. Outros autores apresentam resultados semelhantes.

Muitos autores, incluindo Woodcock (1948), Blanchard (1970) e Prescott et al. (1999, p. 852- 883) relatam que determinados tipos de bactérias concentram-se na micro-camada na superfície de água. Prescott et al. (1999) explica que, em ambientes com baixos níveis de nutrientes (como nos reservatórios de água da chuva), os microrganismos formam flocos para aumentar a superfície que permite capturar nutrientes. Os ambientes aquáticos contêm gradientes de microrganismos na coluna de água dependentes da concentração de oxigénio e de nutrientes [Prescott et al., 1999]. Evidentemente, num reservatório de água da chuva os microrganismos aeróbios concentram-se à superfície, de forma a utilizar o oxigénio da atmosfera e os nutrientes, pois entram no reservatório pela superfície da água.

Segundo estudos realizados na Alemanha, cerca de metade do consumo de água de uma habitação (aproximadamente 46%) pode ser substituído por água

proveniente da chuva. O potencial de utilização desta água é elevado, conforme se mostra no gráfico da Figura 2, que se segue Kessel-Rainwater Management Systems, (2003).



Figura 2- Distribuição do consumo em uma habitação comum

Fonte: Kessel-Rainwater Management Systems (2003)

Admitindo a hipótese da utilização de equipamentos mais eficientes tem-se os consumos médios que se descrevem. A água da chuva pode ser aproveitada, por exemplo, para a lavagem de sanitários; conforme apresentado no ponto 5.2.6 estima-se em termos médios que este consumo seja da ordem dos 20 l/hab/dia dentro da habitação. Outras utilizações habitualmente consideradas são a lavagem de roupa (12 l/hab/dia), serviços de limpeza (4 l/hab/dia), lavagem de automóveis, etc (4 l/hab/dia em conjunto). Adicionando a utilização das sanitas obtém-se um valor médio de 40 l/hab/dia. Em resumo, admitindo apenas a utilização da água da chuva para fins menos nobres descritas anteriormente, atinge-se em termos médios um valor de 45 l/hab/dia.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho qualifica-se como um estudo de natureza bibliográfica e documental. Segundo Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa bibliográfica (ou de fontes secundárias) trata-se de "(...) toda bibliografia já

tornada pública em relação ao tema de estudo (...)” como revistas, livros, e dissertações. Já a pesquisa documental corresponde à coleta de dados em documentos, escritos ou não, o que constitui as fontes primárias (como documentos de arquivos públicos e privados, estatísticas de censos, entre outros exemplos).

A metodologia desse trabalho baseou-se na busca ativa de informações na literatura formal por meio de dissertações (como a de Simone May, apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), monografias (como a de Bruna Quick da Silveira, apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG, e o trabalho de conclusão de curso do Joaquin Rillo, graduando do curso de Engenharia Civil da Universidade Anhembi Morumbi) e artigos científicos como o elaborado pelo Spezzio et al (2015) sobre o tema abordado na internet, além de periódico especializado como a Revista Técnica, a qual veiculou um artigo elaborado por Beatriz Santos contendo um estudo de caso sobre o tema em estudo.

3. RESULTADOS

O sistema de reuso de águas pluviais abrange desde a captação, condução, tratamento, armazenamento, tubulações sob pressão até sua utilização. E encontra muitos empecilhos em sua execução, entre eles a intensidade pluviométrica da região a ser aplicada e a área de cobertura do telhado; estes influem na quantidade de água a ser captada. O momento em que se decida instalar o sistema também influi no custo do mesmo. No entanto, apesar destas desvantagens a adoção do sistema trás benefícios como: racionamento e gerenciamento eficaz da água potável, redução na possibilidade de posteriores enchentes.

O reuso ou reaproveitamento de água é o procedimento pelo qual a água, tratada ou não, é reusada para a mesma ou outra finalidade Loreno, (2005), apud Silveira, (2008). Este reuso pode ser de forma direta ou indireta e pode decorrer de ações planejadas ou não. De acordo com Mieli (2001), apud Silveira, (2008), existem quatro tipos de reuso: o reuso indireto não planejado da água (ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade do homem, é descarregada no meio ambiente e é

utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira intencional e não controlada), reuso indireto planejado da água (ocorre quando a água, tratada, é descarregada de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para ser utilizada a jusante, de modo controlado, no atendimento de alguma necessidade), reuso direto planejado da água (ocorre quando a água, após o seu tratamento, é encaminhada diretamente para o seu ponto de descarga até o local que será reutilizada, não sendo descarregada no meio ambiente) e reciclagem de água (é um caso particular do reuso direto planejado, e acontece como reuso interno, antes da descarga da água em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição).

O reuso da água gera benefícios ambientais (como redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d'água, redução da captação de águas superficiais e subterrâneas), econômicos (como mudanças nos padrões de produção e consumo, redução dos custos de produção) e sociais (ampliação da oportunidade de negócios para empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, aumento na geração de empregos diretos e indiretos).

Segundo Rillo, (2006) Sabendo-se da escassez da água em alguns lugares do mundo, principalmente onde a disponibilidade hídrica é pequena, a reciclagem da água, o reuso de água servida e o aproveitamento de água de chuva são alternativas que devem ser utilizadas, após análise técnica e econômica. O aproveitamento da água da chuva, que é o sistema de reuso analisado neste estudo, é uma alternativa primordial no combate à erradicação deste importante recurso natural. A captação de água dessa ordem é uma prática bastante difundida em vários países, como Austrália e Alemanha.

Para Silveira, (2008) A utilização de água da chuva traz vários benefícios, como a redução do consumo de água da rede pública (consequentemente, provocando uma redução no custo do seu uso), evita a utilização de água potável em lugares que não necessitam dela (como descarga de sanitários, irrigação de jardins), ajuda na contenção de enchentes, encoraja a conservação da água, entre outras vantagens. Silveira, (2008), apud Aquastock, (2005) A captação de água pluvial é uma medida eficaz no combate ao desperdício de água, e necessita ser implantada de forma mais acentuada no Brasil, devidos aos benefícios socioambientais e econômicos gerados por esse sistema. Segundo Ohnuma (2015) apud Spezzio, (2015), o custo de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva se mostra em média

menor que 1% do valor total da obra. De acordo com Spezzio (2015), as normas e leis que regulamentam essa captação são: NBR 15.527/2007 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas fins não potáveis e a Portaria MS 518/04 - Qualidade da água. A NBR 15.527/2007 introduz os requisitos para o aproveitamento da água pluvial coletada em coberturas de áreas urbanas, e trata das águas que passam por tratamento adequado para ter fins não potáveis. SILVEIRA, (2008).

Os resultados desta etapa confirmaram que a chuva tem um importante papel na remoção dos poluentes da atmosfera, promovendo a limpeza da mesma. Observa-se que os primeiros milímetros de chuva são os mais poluídos e que ao longo do evento chuvoso ocorre uma melhora na qualidade da água da chuva. Estudo semelhante foi realizado por Jaques, Ribeiro e Lapolli (2005) na cidade de Manaus (AM). Os autores utilizaram um telhado de cimento amianto e realizaram 4 coletas distintas de amostras de chuva, sendo uma no momento inicial da precipitação, a segunda após 10 minutos de chuva, a terceira após 30 minutos de chuva e a quarta após 1 hora de chuva. Neste estudo verificou-se uma grande redução na cor das amostras após 10 minutos de chuva, obtendo-se resultados de 58,78, 22,89, 22,78 e 15,71 uH, respectivamente. Apesar do estudo realizado na cidade de Manaus ter utilizado como referência o tempo de chuva, acredita-se que o parâmetro ideal a ser utilizado na verificação da limpeza da atmosfera é o milímetro de chuva. Pois este sempre resultará no mesmo volume de chuva a ser descartado, enquanto ao se eliminar a chuva com base no tempo, diferentes volumes de chuva serão descartados, pois a intensidade da chuva não é constante.

A seguir são apresentados os resultados de qualidade da chuva da atmosfera, onde foram realizadas 42 coletas entre os meses de abril a setembro de 2018. Esses resultados são comparados aos resultados da 1ª Etapa de coleta da água da chuva no sistema de aproveitamento, onde se coletou amostras de chuva após passar pelo telhado sem remover qualquer tipo de impureza. As coletas das amostras da água da chuva do telhado foram realizadas entre os meses de abril e novembro de 2018.

Os resultados da chuva da atmosfera possibilitaram a caracterização da deposição úmida dos compostos presentes na atmosfera, visto que as amostras foram coletadas sem passar por uma superfície exposta ao tempo. Já os resultados da coleta da água da chuva no sistema de aproveitamento possibilitaram caracterizar a

deposição total dos elementos presentes na atmosfera, ou seja, caracterizou-se a deposição úmida acrescida da deposição seca.

Observa-se um aumento nos valores de pH e de alcalinidade na água da chuva após passar pela superfície de captação, conforme ilustram as Figuras 3 e 4. O pH médio da chuva da atmosfera foi de 6,09 enquanto o pH da chuva após passar pelo telhado foi de 6,84. Com relação a alcalinidade o aumento foi mais significativo, valores médio de 1,8 mg/L da chuva da atmosfera passaram para 18,5 mg/L na chuva do telhado, esse aumento pode ser em função das características do material depositado sobre o telhado durante o período de estiagem, carregado no momento da chuva.

May (2004) também detectou o mesmo comportamento com relação ao pH na chuva de São Paulo. Em seu estudo, as amostras da chuva da atmosfera apresentaram pH médio de 4,9 e as amostras de chuva coletadas do telhado apresentaram uma variação de pH de 5,8 a 7,6.

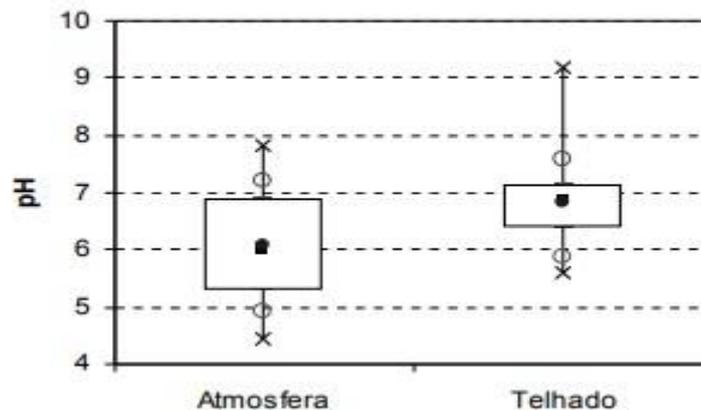


Figura 3 – Resultado de pH da chuva da atmosfera e da chuva do telhado Fonte: May (2004)

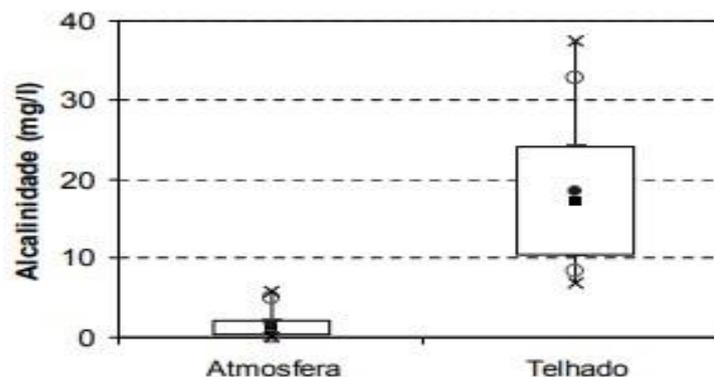


Figura 4 – Resultado de alcalinidade da chuva da atmosfera e da chuva do telhado **Fonte:**
May (2004)

Segundo May (2004), essa variação foi causada pela presença de limo e bactérias na água que passa pelo telhado e pela composição dos materiais da edificação.

4. DISCUSSÃO

A água de chuva pode ser aplicada para o consumo humano (devendo passar pelos processos de filtração e cloração), para a agricultura (pois apresenta uma destilação natural eficiente e gratuita), a indústria (devido ao custo ser relativamente menor do que a da água fornecida pelas concessionárias) e para a construção civil. RILLO, (2006).

Para Schistek (2001), apud May, (2004) relata que o Semiárido Brasileiro é caracterizado por chuvas irregulares e pela alta taxa de evaporação potencial. O subsolo do semiárido brasileiro apresenta predominância de estrutura cristalina (aproximadamente 80%) com ausência de lençol freático. Apesar da limitada disponibilidade hídrica, a captação de água de chuva é uma alternativa eficiente para a disponibilidade de água para consumo humano e para a Construção Civil.

Conforme Rillo (2006), a água de chuva pode ser utilizada em diversos locais no canteiro de obras, como na confecção de argamassas, lavagem de canteiros de obra, molhar peças de concreto durante a cura da argamassa, limpeza dos pneus dos veículos (que ao sair do canteiro de obras podem sujar as vias da cidade), umectação de materiais finos (que são estocados a céu aberto no próprio canteiro de obras) e também pode ser usada em usinas de concreto ou em pedreiras.

Como observa Oliveira et al, (2007), “os sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações consistem na captação, armazenamento e posterior utilização da água precipitada sobre superfícies impermeáveis de uma edificação, tais como: telhados, lajes e pisos. Assim, como os sistemas prediais de reuso de água, a sua aplicação é restrita a atividades que não necessitem da utilização de água potável.” Um sistema de aproveitamento da água da chuva tecnicamente simples, viável para ser aplicado em habitações de interesse social, consiste em conduzir o

volume captado pela cobertura até um reservatório superior por meio de calhas dotadas de “filtro” (tela metálica) para reter partículas sólidas.

É necessária a presença de um sistema para descartar automaticamente o volume de água coletado nos primeiros minutos de chuva, que geralmente possui grande concentração de carga poluidora. A partir do reservatório, a água é diretamente distribuída para o uso na descarga do banheiro e na rega do jardim, lavagem de pisos e veículos, num ponto externo da edificação. Pela combinação da posição estratégica da cobertura, calha coletora, reservatório e pontos de uso, não há a necessidade de bombeamento da água, o que tornaria o sistema dispendioso na implantação e no consumo de energia elétrica. Vale ressaltar a importância de sinalizar adequadamente os pontos de distribuição da água coletada para evitar a utilização inadequada do sistema e a contaminação do sistema público de distribuição de água. Para viabilizar o reaproveitamento das águas residuárias para fins não potáveis é necessário que haja um tratamento prévio, que possibilite ainda a utilização do material sólido como adubo. As águas residuárias residenciais podem ser classificadas como águas claras, cinzas e negras. As águas claras são aquelas de origem pluvial. Já as águas cinzas são as provenientes de tanques, pias, lavatórios e chuveiros, contendo contaminantes químicos, sólidos em suspensão, óleos e graxas. Por último, as águas negras são aquelas que apresentam elevada contaminação de origem orgânica (fezes e urina). (ERCOLE, 2003).

5. CONCLUSÃO

Em suma, foi observado que a implantação de um sistema de reuso de água pluvial, apesar de ser inviável em alguns casos, traz benefícios não só para quem o adota, mas também para as gerações futuras, é tanto que já existe em algumas cidades leis que obrigam as novas construções a adotarem essa medida, como o caso de Curitiba (lei n 10785 de 18 de setembro de 2003). A adoção desse sistema visa principalmente a economia de água potável, o que ajuda diretamente no retardamento da escassez da mesma, que para alguns pesquisadores já é uma certeza para o futuro.

Dentre os inúmeros usos potenciais da água de chuva, o foco deste trabalho foi a utilização na Construção Civil, com destaque para a vantagem de cunho ecológico e financeiro, usando processo simples de captação, filtragem, armazenamento, distribuição e reaproveitamento.

Sabendo-se da dependência da Construção Civil referente ao uso de água (como na confecção de concreto, entre outras finalidades), esse estudo mostrou ser de suma importância a aplicação de sistemas de reuso de água no canteiro de obras, na medida em que evita o desperdício desta preciosa fonte, promovendo sua utilização de forma racionalizada. Acredita-se que o reaproveitamento de água da chuva é uma alternativa eficaz no combate à escassez deste importante material. É viável a utilização de sistemas de aproveitamento de água nos canteiros de obras de todo o Brasil, essencialmente nas cidades do Nordeste, as quais sofrem com problemas hídricos causados pela estiagem e irregularidade de chuvas. Logo, há necessidade da captação da água da chuva para consumo humano e para a Construção Civil. Os sistemas de captação pluvial são soluções de simples execução e viáveis

economicamente (apresentando custo relativamente baixo) e que geram benefício socioambiental devido ao cuidado com os recursos naturais e com as gerações futuras.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

3P TECHNIK. – *Filtersysteme GmbH: Innovative rainwater harvesting*.

Disponível em:. Acesso em: 10 Agosto de 2018.

AMORIM, S. V.; CAMPOS, M. A. S.; HERNANDES, A. T. – **Análise de Custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto**. São Paulo, Brasil, 2003. 9p.

ARAÚJO, V. M. (2009). **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiro de obras**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Dissertação).

ASCE, and WEF (**American Society of Civil Engineers and Water Environment Federation**). – Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems. New York, 1992.

BENENSON, A. S. – **Control of Communicable Diseases Manual. American Public Health Association**. 16th Ed. Washington, USA, 1995.

BLANCHARD, D. C. – **Bacteria and the air-water interface. Science**. August 1970.
BRODRIBB, R.; WEBSTER, P. and FARRELL, D. – **Recurrent Campylobacter fetus subspecies bacteriaemia in a febrile neutropaenic patient linked to tank water, Communicable Disease Intelligence**.1995. Vol. 19, p.312-313.

CADILHE, M. – **Matemática Financeira Aplicada**. Porto: Edições Asa, 1994. ISBN 972-41-1214-4.

CBCS. (2014). Carta Aberta 2014. Acesso em 18 de junho de 2018, disponível em **Conselho Brasileiro de Construção Sustentável**: http://www.cbcs.org.br/sbcs10/website/userFiles/carta_aberta.pdf.

CHAREONSOOK, O. et al. – ***The Entero-pathogenic Bacteria and Ph of Rainwater from Three Types of Containers. Communicable Disease Journal.*** Thailand, 1986. Vol 12, No.1, p. 50-58.

CHRISTENSEN, B.E.; and CHARACKLIS W.G. – ***Physical and chemical properties of biofilms***: Biofilms. John Wiley and Sons. New York, 1990.

CLARKE, R.D.S. – ***Nitrogen and phosphorus in rainwater at locations near Adelaide, South Australia. Engineering and Water Supply Department.*** South Australia, 1987.

Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano - CMADU. (2004). **Reuso de água na construção civil**. Vitória: 76º Encontro Nacional da Indústria da Construção - ENIC.

COOMBES, P. J. – ***Rainwater Tanks Revisited: New Opportunities for Urban Water Cycle Management. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy supervised by Associate Professor George Kuczera and submitted to the University of Newcastle, N.S.W., Australia, January 2002.***

CRABTREE, K.; RUSKIN, R. et al. – ***The Detection of Cryptosporidium Oocysts and Giardia cysts in Cistern Water in the U.S. Virgin Islands.*** Water Research. 1996. Vol. 30, No. 1, p. 208-216.

CUNLIFFE, D.A. – ***Guidance on the use of rainwater tanks. National Environmental health Forum Monographs. Water Series 3. South Australian Health Commission.*** South Australia, 1998. ISBN 0 642 320160.

DACACH, N. G. – **Saneamento básico**. 3ª Ed.. Rio de Janeiro: Didática e Científica, 1990.

DEGANI, C. M. (2003). **Sistemas de Gestão Ambiental em Empresas Construtoras de Edifícios**. São Paulo: Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica de São Paulo.

DUNCAN, H.P.; and WIGHT D.J. – **Rainwater tanks for domestic water supply in the Melbourne area**. *Board of Works Water Supply Division*. Australia, 1991.

ERCOLE, L. A. S. **Sistema Modular de Gestão de Águas Residuárias Domiciliares: uma opção mais sustentável para gestão de resíduos líquidos**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

FERREIRA, E. d., & FRANCO, L. (1998). **Metodologia para Elaboração do Projeto de Canteiro de Obras de Edifícios**. Escola Politécnica da USP, Engenharia de Construção Civil. São Paulo: BT/PCC/210.

FLEMMING, H.R.C. – **Biofilms and environmental protection**. *Water Science and Technology*. 1993. Vol. 27, 7-8. 1-10.

FRASIER, G.W. – **Proceedings of water harvesting symposium**. *Berkeley*: USDA (United states agricultural research service), 1975.

FUJIOKA, R., INSERRA, S., and CHINN, R., – **The Bacterial Content of Cistern Waters in Hawaii**. In: 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAINWATER CISTERN SYSTEMS. Keelung, Taiwan, 1991. p. 33-45.

GEE, L. – **Pilot survey of the microbiological and chemical aspects of water stored in domestic rainwater tanks**. Western Sector Public Health Unit. New South Wales Department of Health. 1993.

GOULD, J. – *Is rainwater safe to drink? A review of recent findings*. IN 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Petrolina, Brasil, 1999.

GOULD, J.; and MCPHERSON, H. – *Bacteriological Quality of Rainwater in Roof and Ground Catchment Systems in Botswana*. *Water International*. 1987. Vol. 12, No. 3. p.135-138.

GROVE S. – Rainwater Harvesting in the United States: Learning Lessons the World Can Use. 1993. Raindrop, Vol. 8, p.1-10.

GUANGHUI, M. et. al. – *The quality and major influencing factors of runoff in Beijing's urban area*. In: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS. Manheim, Germany, 2001. p.10.

HAEBLER R. H.; and WALLER D.H. – *Water of Rainwater Collection Systems in the Eastern Caribbean*. In: 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAINWATER CISTERN SYSTEMS. Khon Kaen Univ.. Thailand, 1987. F2 p.1-16.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. – *Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects*. *Urbanwater*. Germany, 1999. p. 307-316.

Hespanhol, I., Mierzwa, J. C., Rodrigues, L. D., & Silva, M. C. (2006). **Manual de conservação e reuso de água na indústria**. Rio de Janeiro: FIRJAN.

HOFKES, E. H. – *Rainwater harvesting for drinking water supply and sanitation*. *International reference center for communing water supply*. Londres, 1981.

HORVATH, A. **Construction Materials** and the environment. (2004).

JENKINS, D.; and PEARSON, F. – *Feasibility of rainwater collection systems in California*. California Water Resources Centre, University of California. 1978. Contribution Nº.173.

JORGENSON, A. J. F.; Nohr K. et. al. – ***Decontamination of Drinking Water by Direct Heating in Solar Panels. Applied Microbiology.*** 1998. Vol. 85, 3, p. 441-447.

JOYCE, T. M. et. al. – ***Inactivation of Fecal Bacteria in Drinking Water by Solar Heating.*** Applied and Environmental Microbiology. 1996. Vol. 62, 2, p. 399-402.

KESSEL, Rainwater Management Systems – ***Rainwater...Nature's Perfect Gift!***. Germany, 2003.

KHAN, I. A. – ***Domestic roof water harvesting technology in that desert***, Índia. RWH Conference. New Delhi, Abril de 2001.

Lei nº **13.309 de 31 de janeiro de 2002**. Disponível em: http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integr_a.asp?alt=01022002L%20133090000. Acesso em: 22 de junho de 2018.

LYE, D. – ***Legionella and Amoeba found in Cistern Systems.*** Proceedings of the Regional Conference of the International Rainwater Catchment Systems Association. Kyoto, Japan, 1992. p. 534-537.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J. M. ; and PARKER, J. – ***Brock Biology of Microorganisms.*** 10th Ed. Prentice Hall International Editions, 2001. ISBN 0-13-049147-0.

MARKS, R. et. al. – ***Use of rainwater in Australian urban environments.*** In: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, Manheim, 2001. Germany, 2001. p.9.

MARTINETTI, Thaís. et al. ***Análise de Alternativas mais Sustentáveis para Tratamento Local de Efluentes Sanitários Residenciais.*** In: IV Encontro Nacional E II Encontro Latino - Americano Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2007. Disponível em: Acesso em 29 mai. 2008.

MATOS, R. – **Controlo na Origem de Águas Pluviais**. In Curso "ESTRATÉGIAS PARA A REABILITAÇÃO E BENEFICIAÇÃO DE SISTEMAS PÚBLICOS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS", FUNDEC. Junho, 1999.

MAY, S. – **Estudo de Viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção Civil orientada pelo Prof. Associado Racine Tadeu de Araújo Prado e apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia na Área de Construção Civil em 2004.

MEEMKEN, R. – ***Establishment of rainwater utilization plants in Osnabrück***. In: THE TOKYO INTERNATIONAL RAINWATER UTILIZATION CONFERENCE, Sumida City, 1994. Tokyo, 1994. p.249-275.

MICHEALIDES, G. – ***Investigation into the Quality of Roof-Harvested Rainwater for Domestic Use in Developing Countries***. A PhD Research Study, proceedings of the 4TH INTERNATIONAL RAINWATER CISTERN SYSTEMS CONFERENCE, Manila, Philippines, 1989. E2, p.1-12.

MICHEALIDES, G. – ***Investigations into the Quality of Roof-Harvested Rainwater for Domestic Use in Developing Countries***. PhD Research Thesis, University of Dundee, Scotland, U.K, 1986.

MIERZWA, J. C., & Hespanhol, I. (2005). **Água na Indústria: Uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos.

MITCHELL, R. – ***Introduction to environmental microbiology***. Prentice-Hall. New Jersey, USA, 1974. Mobbs, M. – **Sustainable house**. Choice Books. Sydney, Australia, 1998.

MTE. (1995). NR 18 - **Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Acesso em 19 de junho de 2018, disponível em Portal do Trabalho e Emprego:

http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3226A41101323B2D85655895/nr_18.pdf

NBR 12.244. "**Construção de poço para captação de água subterrânea**".

Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=003245>. Acesso em: 22 de junho de 2018.

NBR 15.527/2007. **Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas fins não potáveis**. PORTARIA MS 518/04. Qualidade da água. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf. Acesso em: 22 de junho de 2018.

NETO, A. F. (2015). **Água como material de construção**. (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura) Acesso em 14 de maio de 2018, disponível em Fórum da construção: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=31&Cod=266>

NEVES, M. V. – **Custo de pequenos reservatórios construídos “in situ”**. Porto, Portugal, 2004. 3p.

NEVES, M. V. – **Perspectivas para um uso mais eficiente da água em habitações**. Porto, Portugal, 2003. 4p.

NHMRC/NRMMC – ***Australian Drinking Water Guidelines. National Health and Medical Research Council/ Natural Resource Management Ministerial Council***. Australia, 2004. ISBN Print: 186496118X; ISBN Online: 1864961244.

OHNUMA, D. (2015). **Soluções sustentáveis em canteiros de obras com foco na redução de riscos e custos**. São Paulo: CTE (Centro de Tecnologia de Edificações). 12 12.

OLIVEIRA, L. H. de, et al. **Projeto Tecnologias para Construção Habitacional mais Sustentável** - Levantamento do estado da arte: Água. São Paulo: USP, 2007. Disponível em: Acesso em 8 set. 2008.

OLIVEIRA, C. N. (2009). **Indicadores de consumo e propostas para racionalização do uso da água em instalações de empreiteiras**: Caso da refinaria Landulpho Alves de Mataripe. Salvador: Universidade Federal da Bahia (Mestrado).

PACEY, A.; and CULLIS, A. – **Rainwater Harvesting. Great Britain Photobooks**, 1996.

PESSARELLO, R. G. (2008). **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Monografia).

PORTUGAL. **Ministério do Ambiente** – Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto: D.R.: I Série-A N.º 176, 98-08-01, p.3676-3722.

PORTUGAL. **Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território** – Decreto-Lei nº 243/01 de 5 de Setembro: D.R.: I Série-A N.º 206, 01-09-05, p.5754-5765.

PORTUGAL. **Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – PEAASAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais**. 2ª Ed. (Documento Preliminar). Fevereiro de 2006.

PORTUGAL. **Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais**: Aprovado pelo Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, com remissões Relativas à Integração dos respectivos Artigos. 2ª Ed.. Lisboa: Editora Rei dos Livros, 1998.
ISBN 972-51-0755-1.

PRESCOTT, L. M.; HARLEY, J. P.; and KLEIN, D. A. – **Microbiology**. McGraw-Hill, 1999.

PUSHPANGADAN, K.; SIVANANDAN, P. K. – **Technology, quality and cost of water from DRWH: A case study of Kerala, India**. In: RWH CONFERENCE, IITD, NEW DELHI. RWH Conference, IITD, New Delhi, v.1, p.E3-1E1-9, 2001.

Resolução **CNRH nº 54 de 28 de novembro de 2005**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/838F10BD/Resol54-08_ReusoDiretoAgua1.pdf. Acesso em: 22 de junho de 2018.

RICHARDS R., et al. – **Pesticides in Rainwater in the northeastern United States**. Nature. 1987. Vol. 327, No. 6118, p. 129-131.

RUSKIN, R. H. – **Coleta de água em cisternas** - 2a parte p. 22 a 26. Revista Água – Latinoamérica, Setembro e Outubro de 2001.

SCHISTEK, H. – **A cisterna de tela de cimento**. In: 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Campina Grande, Paraíba, Brasil, 21-23 Novembro 2001.

SCOTT, R.; and WALLER, D. – **Water Quality Aspects of a Rainwater Cistern System in Nova Scotia**. In: 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON RAINWATER CISTERN SYSTEMS. Khon Kaen Univ.. Thailand, 1987, F1 pp1-16.

SILVA, G. S. **Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. São Paulo: Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. . (2004).

SIMMONS, G.; and HEYWORTH, J. – **Assessing the Microbial Health Risks of Potable Rainwater**. In: 9th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE. Petrolina, Brasil, 1999.

SIMMONS, G.; HOPE, V. and LEWIS, G. – **Auckland Roof Water Quality Pilot**